Bedienungsanleitung
Vierkugel- Apparat (VKA)
nach DIN 51350

1. Sicherheitsvorschriften

1.1. Beachtung der Sicherheitsvorschriften

1.2. Bestimmungsgemäßer Gebrauch

1.3. Sicherheitseinrichtungen am Vierkugel- Apparat

1.4. Transport und Aufstellung

1.5. Am Arbeitsplatz

1.6. Reinigung und Wartung

1.7. Elektrik

1.8. Im Notfall

1.9. Bei Feuer

1.10. Funktelefon

1.11. Zubehör

1.12. Umweltschutz

2. Bedienung

2.1. Einschalten:

2.2. Ausschalten:

2.3. Steuer- und Überwachungsgerät:

2.4. Laufgewichtseinstellung (Pos.30):

2.5. Montage der Zusatzgewichte (Pos.36 + Pos.37):

2.6. Kugelhalter:

2.6.1. Einsetzen und Bestücken des Kugelhalters:

2.6.2. Demontage des Kugelhalters:

2.7. Kugeltopf (Pos.10):

2.7.1. Belastung des Kugeltopfes:

2.7.2. Entlastung des Kugeltopfes:

2.8. Versuchsarten:

3. Versuchsbeschreibung

3.1. Versuchsarten

3.1.1. Vor jedem Versuch ist zu beachten:

3.1.2. Übliche Kurzzeitversuche

3.1.3. Langversuche

3.1.4. Untersuchung von Werkstoffen:

3.2. Während der Versuche sich abspielende Vorgänge:

3.2.1. Die Verhältnisse bei niedrigen Belastungen:

3.2.2. Die Verhältnisse bei hohen Belastungen:

3.2.2.1. Der Verschleißdurchmesser:

3.2.2.2. Die 2,5- Sec- Verschleißverzögerungszeit:

3.2.3. Die Verhältnisse bei sehr hohen Belastungen:

4. Wartung

4.1. Spindellagerung:

4.2. Kugelhalter (Pos.3):

4.3. Kugeltopf:

4.4. Spitzen- und Schneidenlagerungen:

5. Transport/ Aufstellung (mechanische und elektrische Installation)

5.1. Installationsort:

5.2. Bodenbeschaffenheit:

5.3. Platzbedarf:

5.4. Mechanische Installation:

5.4.1. Installation des Gehäuses (Pos.1):

5.4.2. Installation des Trägers für Schreibgeräte (Pos.19):

5.4.3. Gewichtsbalken (Pos.24):

5.4.3.1. Installation des Gewichtsbalkens (Pos.24):

5.4.3.2. Austarierung des Gewichtsbalkens:

5.4.4. Installation der Stoßstange (Pos.22), des Stößels (Pos.20), des Lagers (Pos.64) und des Drehtellers (Pos.21):

5.4.5. Installation des Laufgewichtes (Pos.30):

5.4.6. Montage der Zusatzgewichte (Pos.36 + Pos.37):

5.4.7. Montage des Untergestells für Steuer- und Überwachungsgerät (Gruppe 7):

5.4.8. Montage des Steuer- und Überwachungsgerätes (Gruppe 7):

5.5. Elektrische Installation:

6. Ersatz- /Verschleißteile/ Zusammenbauzeichnung

7. Elektrik/ Stromplan

Anhang:

A-1: Belastungsreihe für 10 Kg Laufgewicht und 20 bzw. 50 Kg Zusatzgewicht
A-2: Meßmikroskop (Zubehör)
A-3: Zugkraftaufnehmer

1. Sicherheitsvorschriften

1.1 Beachtung der Sicherheitsvorschriften:

Dieser Vierkugel- Apparat ist nach neuestem Stand der Technik gebaut und bei bestimmungsgemäßem Gebrauch, sowie bei Beachtung der Sicherheitsvorschriften betriebssicher.

Die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften, sowie die sonstigen allgemein anerkannten sicherheitstechnischen Regeln sind einzuhalten.

Beachten Sie die Sicherheitsvorschriften, denn es geht um Ihre Gesundheit.

Jede Person, die mit der Aufstellung, Bedienung, Wartung, Reparatur und Inspektion des Vierkugel- Apparates befasst ist, muss die folgenden Sicherheitsvorschriften gelesen und verstanden haben.

Der Vierkugel- Apparat darf nur von einer dafür ausgebildeten und autorisierten Fachkraft bedient werden.

Die Zuständigkeit für Bedienung, Wartung, Instandhaltung des Vierkugel- Apparates müssen klar festgelegt und eingehalten werden.

1.2. Bestimmungsgemäßer Gebrauch:

Der Vierkugel- Apparat eignet sich zur mechanischen Untersuchung von Schmierstoffen.

Bei nicht bestimmungsgemäßem oder unsachgemäßem Gebrauch drohen:
- Gefahren für Leib und Leben,
- Gefahren für die Umwelt, sowie
- Gefahren für den Vierkugel- Apparat, sowie
- Gefahren für weitere Sachwerte.

1.3 Sicherheitseinrichtungen am Vierkugel- Apparat:

Hauptschalter	Q1.	0 = Anlage AUS.
		I = Anlage EIN.
Schutzschalter	Q2.	0 = Überlastung des VKA-Motor.
		I = VKA-Motor betriebsbereit.
Schutzschalter	Q3.	0 = Überlastung der Steuerspannung primär.
		I = Steuerspannung EIN primär.
Schutzschalter	Q4.	0 = Überlastung der Versorgungsspannung für SPS primär.
		I = Versorgungsspannung für SPS EIN primär.
Sicherungsautomat	F1.	0 = Überlastung Steckdose 1 + 2.
		I = Spannung an Steckdose 1 + 2 EIN
Sicherungsautomat	F2.	0 = Überlastung der Steuerspannung sekundär.
		1 = Steuerspannung EIN sekundär.
Sicherungsautomat	F3.	0 = Überlastung der Versorgungsspannung für SPS sekundär.
		I = Versorgungsspannung für SPS EIN sekundär.

1.4. Transport und Aufstellung:

Vorsicht: Der Vierkugel- Apparat kann Sie erdrücken!

Benutzen Sie nur ausreichend dimensionierte Transportmittel (Gabelstapler, Kran, Seile).

Treten Sie nicht unter den angehobenen Vierkugel- Apparat.

Halten Sie genügend Sicherheitsabstand.

Heben Sie den Vierkugel- Apparat nicht höher als nötig.

Tragen Sie Schutzkleidung (Helm, Handschuhe, Sicherheitsschuhe).

Greifen Sie nie mit der Hand unter den Vierkugel- Apparat.

1.5. Am Arbeitsplatz:

Durch Öl auf dem Fußboden entsteht Rutschgefahr. Zusammen mit schweren Teilen oder scharfen Werkzeugen können Sie erhebliche Verletzungen erleiden.

Sorgen Sie für einen sauberen, gut beleuchteten Arbeitsplatz.

Vorsicht bei warmen und scharfen Gegenständen (Achtung: Starke Erwärmung des Kugeltopfes nach Verschleiß- und Verschweißversuchen).
Tragen Sie Schutzhandschuhe.

Greifen Sie nie während des Betriebes in den Arbeitsbereich der Spindel. Weite Kleidung, lange Haare, Halsketten, Fingerringe, Armbänder, Armbanduhren, Krawatten können von der Spindel bzw. Kugelhalter erfaßt werden.

1.6. Reinigung und Wartung:

Regelmäßige Reinigung und Wartung erhält die Betriebssicherheit des Vierkugel- Apparates.

Schalten Sie vor Reinigungs- und Wartungsarbeiten den Hauptschalter (Q1) des Vierkugel- Apparates aus.

Sichern Sie den Hauptschalter (Q1) gegen unbefugtes Einschalten (Vorhängeschloß).

Auch bei ausgeschaltetem Hauptschalter (Q1) stehen Teile der elektrischen Anlage unter Strom, deshalb **Schaltschrank immer verschlossen halten**.
Das Schaltschrankinnere darf nicht gereinigt werden- **Gefahr durch Stromschlag**.

Explosionsgefahr!
Durch die Verbindung von Ölnebel und Luft kann ein explosives Gemisch entstehen! Unterlassen Sie deshalb das Abblasen des Vierkugel- Apparates mit Pressluft oder Sauerstoff. Vermeiden Sie offenes Feuer (Rauchen).
Treffen Sie Vorsorgemaßnahmen zur schnellen Feuerbekämpfung.

Reinigungsmittel, welche Kunststoffe, Gummi oder Lacke angreifen dürfen nicht verwendet werden. Sie können Kabel, Steckdosen und Anzeigen beschädigen.

Reinigungsmittel können gesundheitsschädliche Stoffe enthalten.
Beachten Sie die Hinweise der Hersteller.

1.7. Elektrik:

Alle Arbeiten an der elektrischen Anlage wie Anschluß an das Netz, Wartung und Reparaturen dürfen nur von qualifiziertem Fachpersonal ausgeführt werden.

Auch bei ausgeschaltetem Hauptschalter (Q1) stehen Teile der elektrischen Anlage unter Spannung.

1.8. Im Notfall:

Hauptschalter (Q1) auf AUS "0".

Erste Hilfe leisten, Sanitäter oder Arzt rufen, wenn Personen verletzt wurden.

1.9. Bei Feuer:

Stromzufuhr abschalten (Sicherung).

Feuerwehr alarmieren.

Nur mit CO2(Kohlendioxid) löschen.

1.10. Funktelefon:

Vorsicht: Funktelefone sollten in der Nähe des Vierkugel- Apparates nicht verwendet werden. Störeinflüsse auf das Steuer- und Überwachungsgerät können nicht ausgeschlossen werden.

1.11. Zubehör

Anbau von Zubehör an den Vierkugel- Apparat und sonstige Veränderungen bedürfen der Genehmigung durch Hansa Press- und Maschinenbau GmbH.

Anbauten und Änderungen, welche die Betriebssicherheit des Vierkugel-Apparates beeinträchtigen können dürfen nicht vorgenommen werden.

1.12. Umweltschutz:

Der Umwelt zuliebe: sorgen Sie für ordnungsgemäße Entsorgung der verbrauchten Prüf- und Betriebsstoffe.

2. Bedienung

2.1. Einschalten:

Betriebsbereitschaft des Vierkugel- Apparates: Hauptschalter (Q1) EIN „I“.

Vorsicht: Verletzungsgefahr.

Niemals bei eingeschaltetem Vierkugel- Apparat (Hauptschalterstellung (Q1) EIN „I“)
in den Arbeitsraum der Spindel fassen.
Niemals während des Betriebes des Vierkugel- Apparates in den Arbeitsbereich der rotierenden Spindel greifen.

Bei Arbeiten innerhalb des Arbeitsraumes der Spindel: Vergewissern Sie sich, daß der Hauptschalter (Q1) sich in der Stellung AUS „0“ befindet.

2.2. Ausschalten:

Ausschalten des Vierkugel- Apparates: Hauptschalter (Q1) AUS "0".

2.3. Steuer- und Überwachungsgerät:

Beschreibung der Bedienelemente auf der Front des Schaltschrankes (Schaltplan)

2.1 Einschalten:

Betriebsbereitschaft des Vierkugel- Apparates: Hauptschalter (Q1) EIN „I“.

Vorsicht: Verletzungsgefahr.
Niemals bei eingeschaltetem Vierkugel- Apparat (Hauptschalterstellung (Q1) EIN „I“)
in den Arbeitsraum der Spindel fassen.
Niemals während des Betriebes des Vierkugel- Apparates in den Arbeitsbereich und in die rotierende Spindel greifen

Bei Arbeiten innerhalb des Arbeitsraumes der Spindel: Vergewissern Sie sich, daß der Hauptschalter sich in der Stellung AUS „0“ befindet.

2.2 Ausschalten:

„Anlage Aus“ Hauptschalter (Q1) AUS „0“.

2.3. Steuer- und Überwachungsgerät:

Beschreibung der Bedienelemente auf der Front des Schaltschrankes (Schaltplan)

U4: Anzeige und Bedieneinheit

Auf diesem Gerät befinden sich alle Bedien- und Anzeigeelemente die nötig sind um
Den Vierkugel- Apparat einzustellen und zu starten.
Nach dem Einschalten des Hauptschalters (Q1) läuft ein Selbsttest ab. Wenn der Selbsttest zuende ist, zeigt sich das erste Bild im Display der Bedieneinheit.



Abb. 1: U4 Anzeige und Bedieneinheit.

Die Bedienung des VKA ist menügeführt. Die im Display angezeigten Anwahlen können direkt auf dem Bildschirm betätigt werden. Es erscheint ein neues Bild, wenn eine Tastfläche gedrückt wird oder es wird ein Zahlenwert eingegeben. Im oben gezeigten Beispiel ist das Eröffnungsbild zu sehen. Im Folgenden wird ein Beispiel gezeigt mit dem die Bedienung erleichtert werden soll.

Beispiel:
Es soll eine Prüfung **ohne Frequenzumrichter**(FU), über eine Stunde durchgeführt werden.

Zunächst wird der **Sollwert** für die Zeit eingegeben. Um zur Eingabe für den Sollwert zu gelangen wird die gewünschte Sprache gedrückt, es erscheint das Bild Anwahl**.** Mit Tastfläche **Sollwerte** gelangt man in Bild(Drehzahl, Zähler und Zeit setzen), da aber die Zeit eingegeben werden muß, wird auf der Tastenfläche rechts, mit der Pfeiltaste 2x nach unten betätigt. Die Zahl für den Sekundenbereich blinkt (Zeit setzen) Mit den Zifferntasten wird eine Zahl zwischen 0 und 60 eingegeben und durch die Taste **ENTER** bestätigt. Mit der Pfeiltaste 1x nach unten blinkt der Minutenbereich. Mit den Zifferntasten wird eine Zahl zwischen 0 und 60 eingegeben und durch die Taste **ENTER** bestätigt. Mit der Pfeiltaste 1x nach unten blinkt der Stundenbereich. Mit den Zifferntasten wird eine Zahl zwischen 0 und 999 für das Beispiel wird hier 1 eingegeben und durch die Taste **ENTER** bestätigt.

Eröffnungsbild



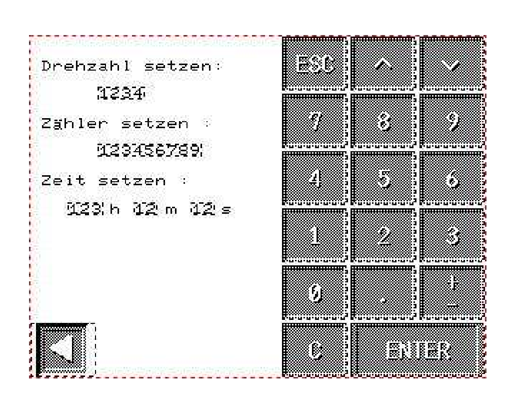
Die gewünschte Sprache drücken (z. B. deutsch)

Das Anwahlbild erscheint.



Sollwerte auswählen.

Folgendes Bild erscheint.



Pfeiltaste 2x.nach unten drücken (∨) Es blinkt das Feld für Sekunden. 2x „0“ eingeben und auf ENTER drücken. Pfeiltaste 1x nach unten drücken. Es blinkt das Feld für Minuten. 2x „0“ eingeben und auf ENTER drücken. Pfeiltaste 1x nach unten drücken. Es blinkt das Feld für Stunden. 1x „1“ eingeben und auf ENTER drücken. Nun ist 1 Stunde Laufzeit gesetzt. Durch Drücken der Pfeiltaste links unten (◂) wird zur Anwahl gewechselt.

Das Anwahlbild erscheint.



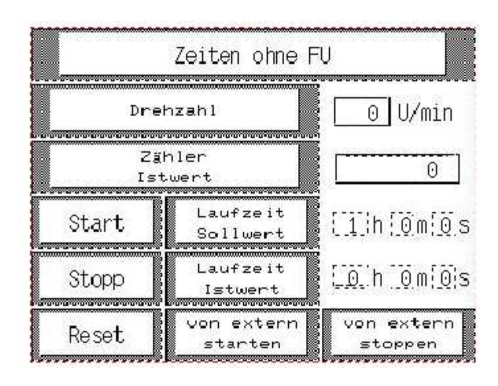
Betriebsart auswählen.

Das Betriebsartenbild erscheint



Zeiten ohne FU auswählen

Das „Zeiten ohne FU“ Bild erscheint.



Sollten sich noch Istwerte größer als „0“ in den Anzeigefeldern befinden, muß die Reset-Taste betätigt werden. Es erscheint das Anwahlbild.



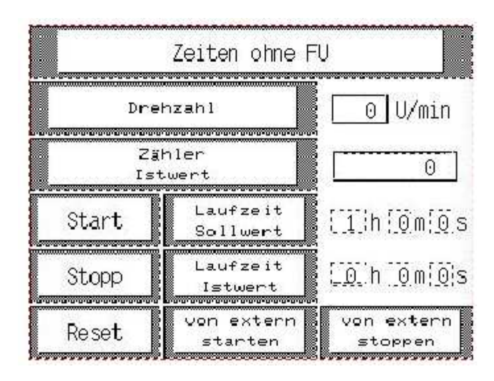
Betriebsart auswählen.

Das Betriebsartenbild erscheint



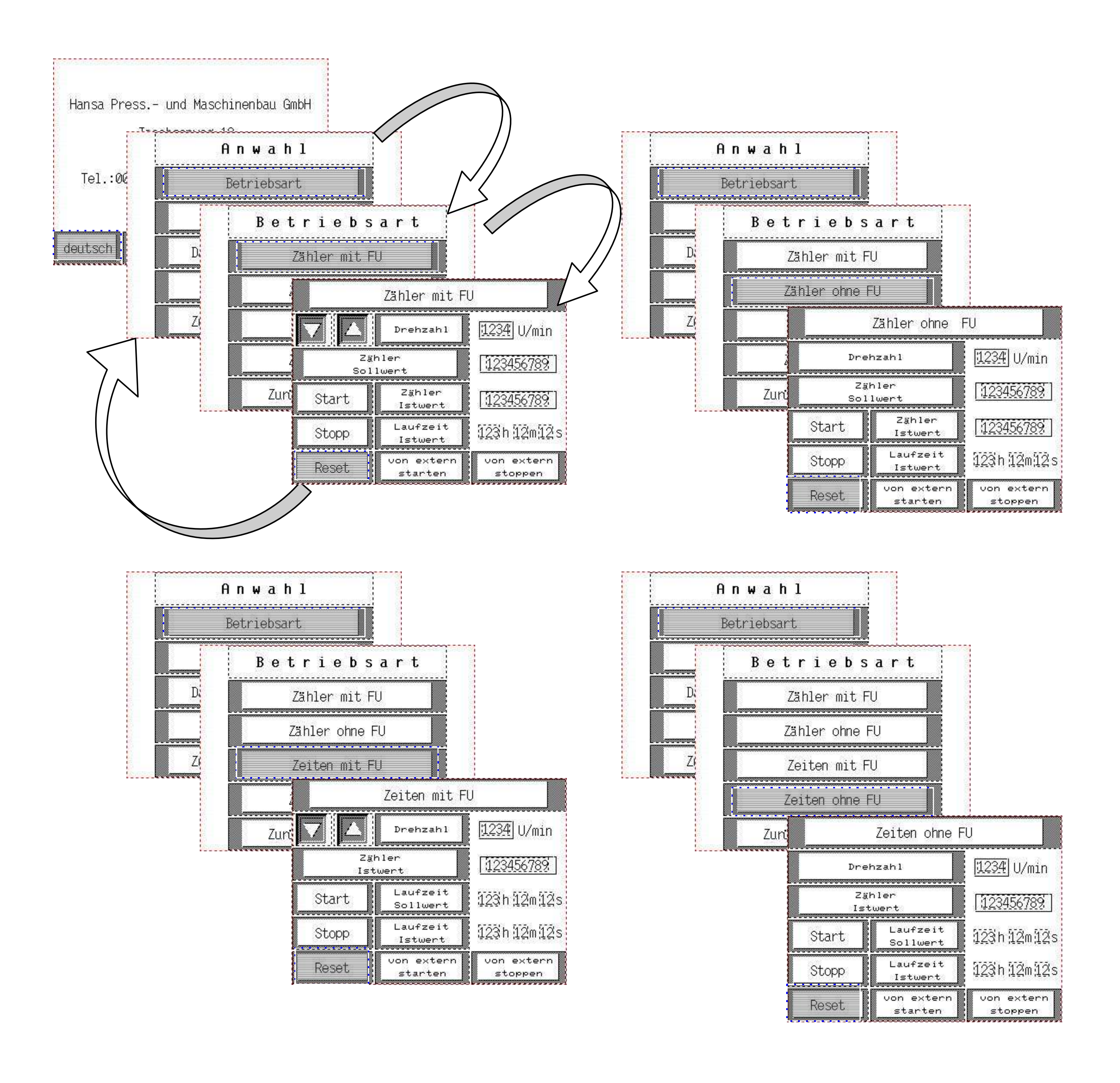
Zeiten ohne FU auswählen

Das „Zeiten ohne FU“ Bild erscheint.

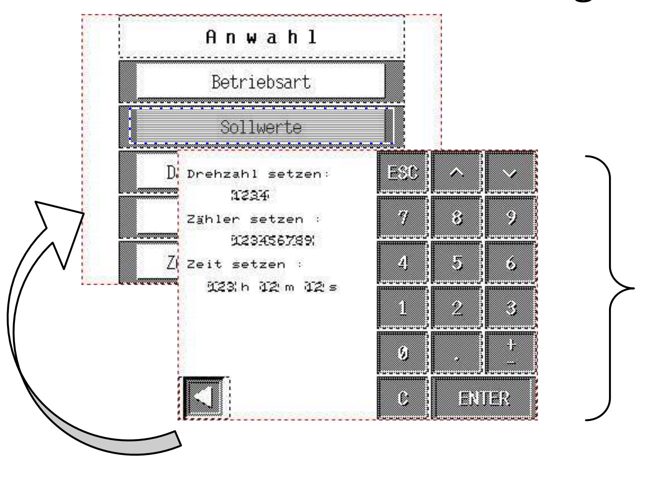


Nun die Start-Taste drücken. Der VKA-Motor dreht nun 1 Stunde, bis er automatisch abgeschaltet wird. Um zum Hauptmenü zurück zu kommen, wird die Reset-Taste gedrückt.

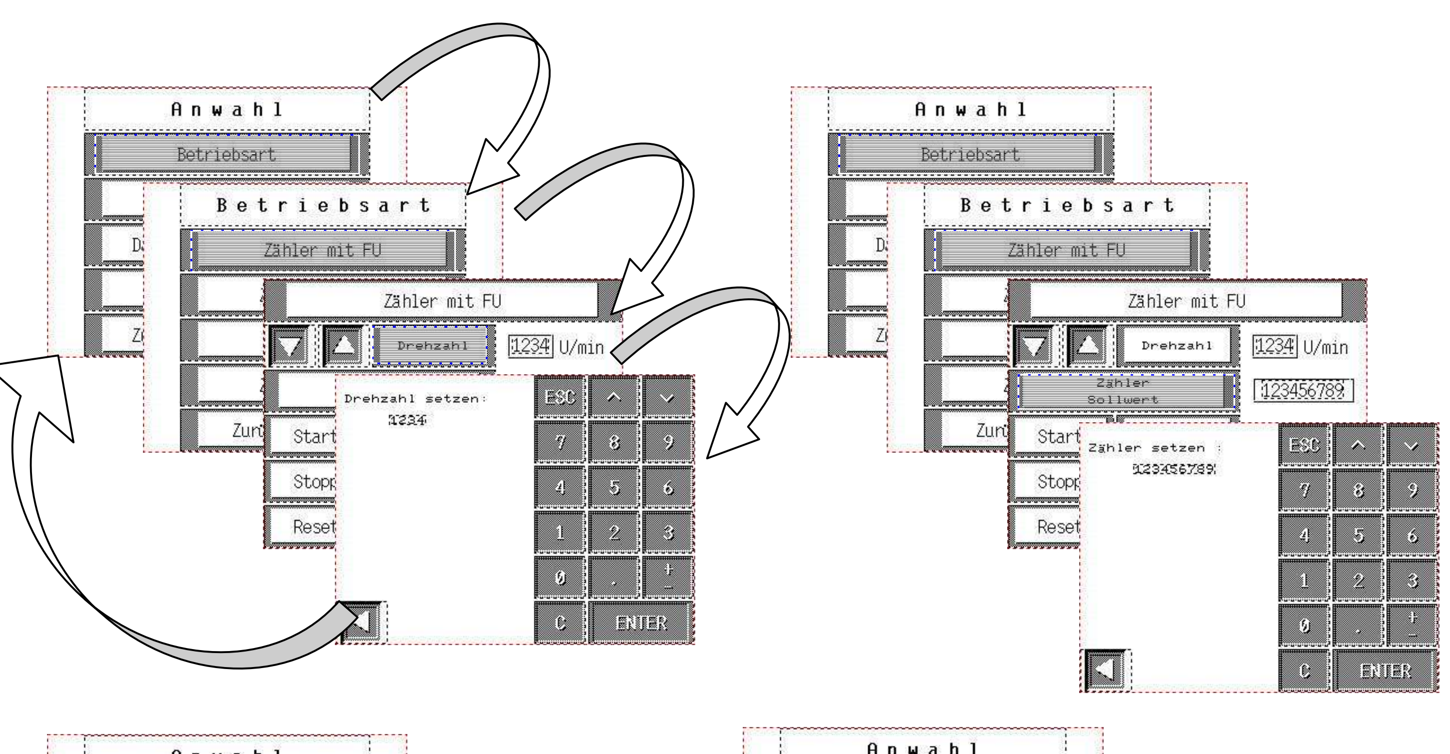
Anwahl der Betriebsarten

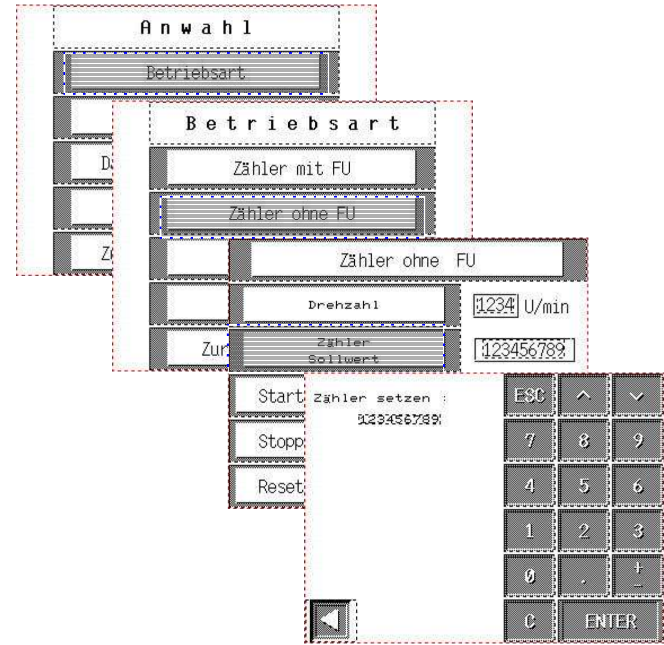


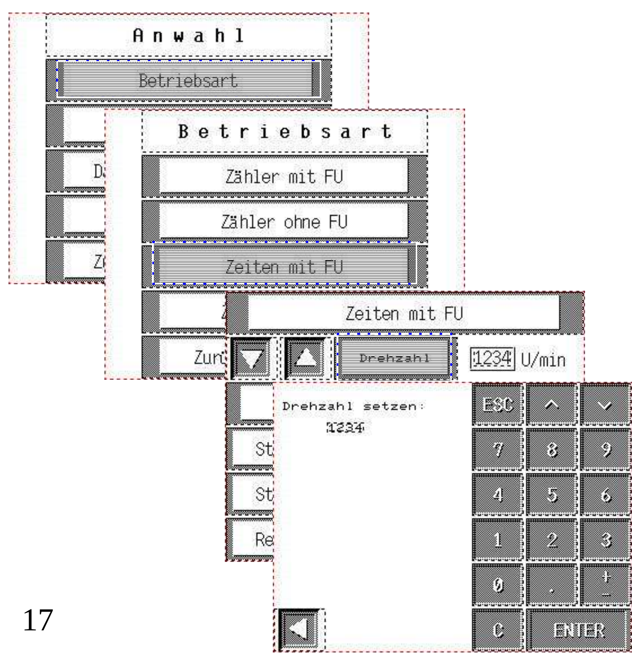
Eingabe der Sollwerte



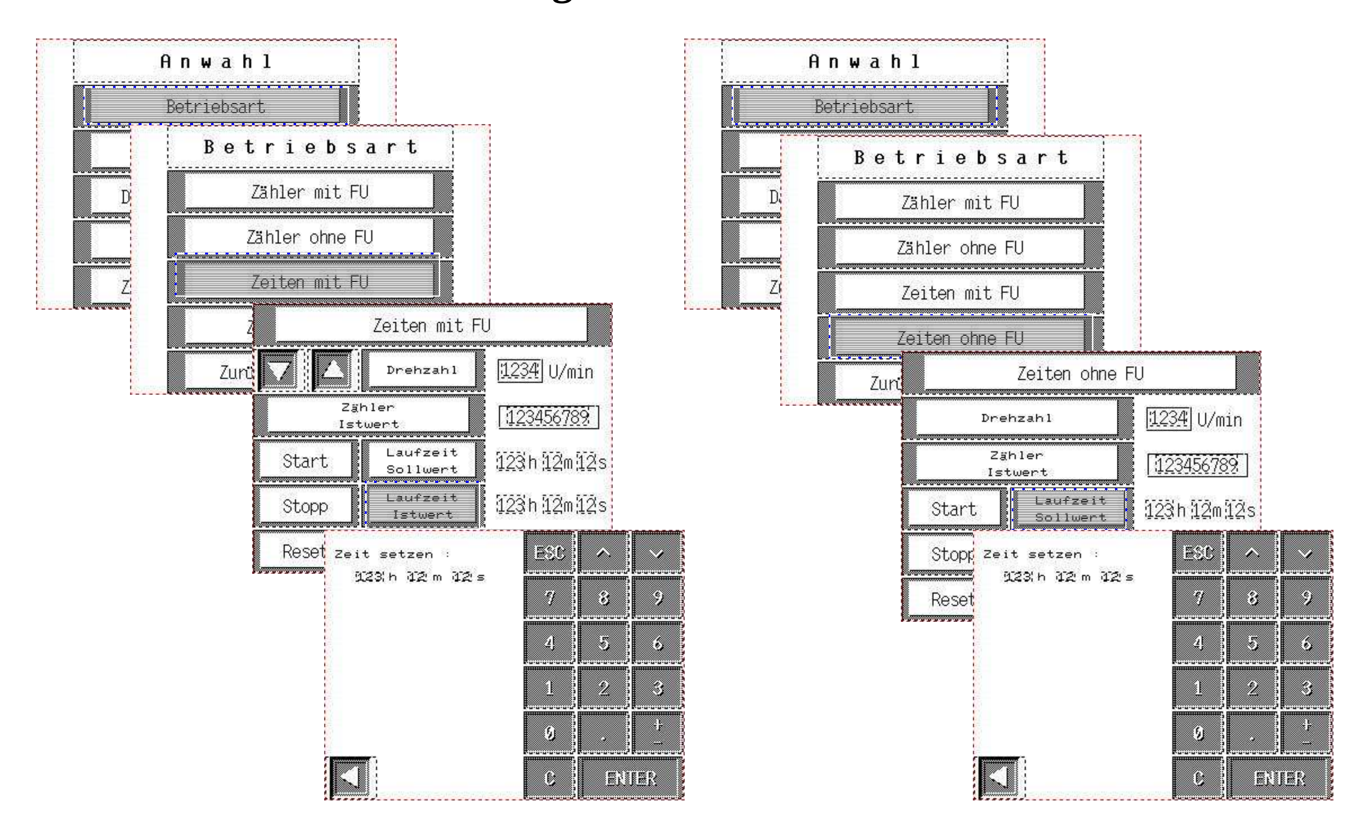
Ziffernblock für die
Eingabe von Sollwerten.
Nach der Eingabe immer
die ENTER-Taste drücken.



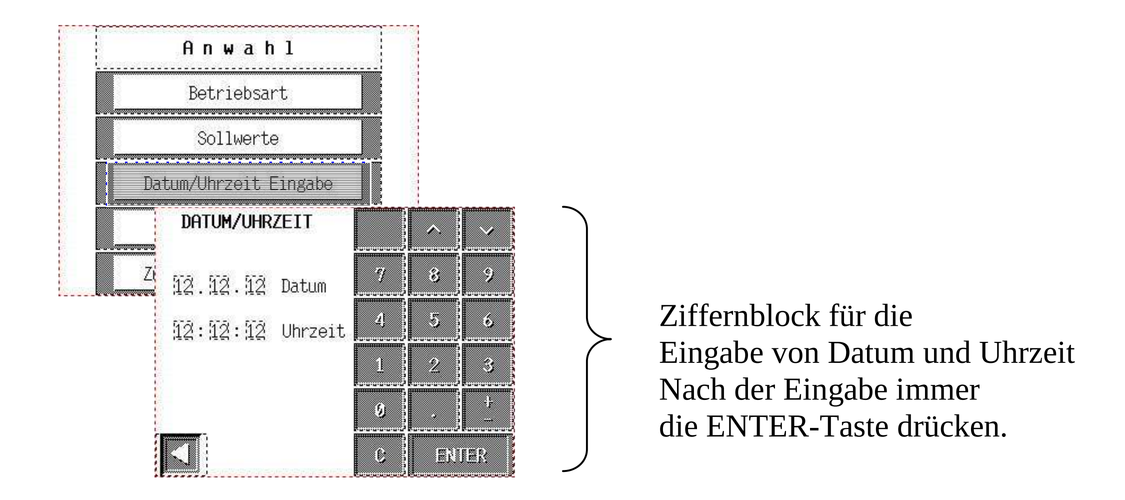




Eingabe der Sollwerte



Eingabe von Datum und Uhrzeit



Ziffernblock für die
Eingabe von Datum und Uhrzeit
Nach der Eingabe immer
die ENTER-Taste drücken.

Kalibrierung der Motordrehzahl

Paßwort:

Eingabe Paßwort
ENTER

Erst auf „Reset“ drücken, dann „Kalibrieren“ drücken.
Die Kalibrierung findet in drei Schritten statt, dann ist ein Korrekturfaktor ermittelt.

Meldungen





2.4. Laufgewichtseinstellung (Pos.30):

Die Höhe der Belastung kann durch Verschieben des Laufgewichts (Pos.30) auf dem Gewichtsbalken (Pos.24) eingestellt werden.
Mit einer Spitze im Indexhebel (Pos.46) kann das Laufgewicht (10Kg) auf den gewünschten Belastungswert eingestellt werden.

Durch leichtes Hin- und Herbewegen des Laufgewichtes (Pos.30) auf dem Gewichtsbalken (Pos.24) erreichen Sie ein Zentrieren der Indexhebelspitze (Pos.46) und damit die exakte Gewichtsposition bzw. Belastungswert.

2.5. Montage der Zusatzgewichte (Pos.36 + Pos.37):

Die zusätzliche Montage der beiden mitgelieferten Zusatzgewichte (Pos.36 + Pos.37) ermöglichen die Vergrößerung des Belastungsbereiches.

Montage durch Aufschieben auf das Laufgewicht (Pos.30) und anschließender Befestigung bzw. Positionierung durch Fixierschraube (Pos.15).

Die entsprechenden Belastungsreihen finden Sie im Anhang A-1.

2.6. Kugelhalter:

2.6.1. Einsetzen und Bestücken des Kugelhalters:

Vorsicht: Verletzungsgefahr
Bestücken der Spindel nur im ausgeschalteten Zustand(Hauptschalter (Q1) AUS "0").

VKA-Motor ausschalten (Hauptschalter (Q1) AUS "0").
Neue Prüfkugel fest in den Kugelhalter drücken.

Mit Prüfkugel bestückter Kugelhalter fest in die Spindel drücken und durch leichte Schläge mit einem Kupferhammer für festen Sitz sorgen.

Achtung:

Eingesetzter Kugelhalter darf nicht mehr als 0,75 mm und nicht weniger als 0,50 mm über Spindel stehen.
Spannfläche des Kugelhalters vor dem Einsetzen in die Spindel von Fremdkörper befreien, da sonst kein schlagfreier Lauf (höchstens 0,03 mm) der Kugel und somit keine einwandfreien Ergebnisse zu erwarten sind.
Unbrauchbare Halter müssen sofort durch neue Kugelhalter ersetzt werden.

Vorsicht: Verletzungsgefahr
Niemals bei drehender Spindel in den Arbeitsraum der Spindel fassen.

2.6.2. Demontage des Kugelhalters:

Vorsicht: Verletzungsgefahr
Demontage des Kugelhalters nur in Hauptschalterstellung (Q1) AUS "0".

VKA-Motor ausschalten (Hauptschalterstellung(Q1) AUS "0").

Nach Stillstand der Spindel wird der Kugeltopf durch Niederdrücken des Ausrückhebels entlastet.

Der in der Spindel befindliche Kugelhalter wird zusammen mit der geklemmten Kugel durch den mitgelieferten Austreiber (Pos.9) gelöst.
Das Lösen erfolgt durch Einführen in den Spindelquerschlitz und durch anschließendes Abwinkeln des Austreibers.

Achtung:
Kugelhalter nicht durch Schlagen aus der Spindel entfernen, da sonst Spindellagerung beschädigt wird.

Mit Hilfe des Durchtreibers (Pos.18) kann die Kugel auf der hierfür vorgesehenen Öffnung der Montierplatte aus dem Kugelhalter entfernt werden.

2.7. Kugeltopf (Pos.10):

Bestücken des Kugeltopfes (mit eingepasster Druckplatte (Pos.12)) durch Einlegen von drei Prüfkugeln.

Klemmring (Pos.11) mit der geschliffenen Kegelfläche nach unten auf die in dem Kugeltopf bestückten Kugeln legen. Durch den kegeligen Klemmring werden die Prüfkugeln im Kugeltopf zentriert.

Befestigen der drei Prüfkugeln durch Anziehen der Spannmutter (Pos.13). Dazu Vierkant des Kugeltopfes in die Montierplatte einsetzen und mit beiliegendem Spezialschlüssel Spannmutter **sehr fest anziehen, damit die Kugeln unverrückbar festgeklemmt sind.**

Die beim Schweißvorgang auftretenden hohen Kräfte hätten durch das Mitdrehen der Kugeln eine Zerstörung der Druckplatte und des Klemmringes zur Folge.

Anschließend Kugeltopf mit Prüföl füllen.
Von dem zu prüfenden Öl nur so viel in den Kugeltopf füllen, daß der Ölspiegel ca. 3mm über den drei eingespannten Prüfkugeln steht (ca. 7,5 cm^3)

Prüfkugeln:
Als Prüfkugeln sind nur Kugeln 12,700 G 20 DIN 5401 aus Wälzlagerstahl 100Cr6(W3) mit der Werkstoffnummer 1.3505 und mit einer Härte von HRC 64+/-1 zu verwenden.
Grundsätzlich dürfen nur diese Kugeln verwendet werden. Kugeln aus einem anderen Werkstoff oder einer anderen Härte lassen keine vergleichbaren Ergebnisse zu und verhindern somit einwandfreie Prüfergebnisse.

Für jeden Versuch ist ein neuer Satz von 4 Stahlkugeln zu verwenden.

2.7.1. Belastung des Kugeltopfes:

Vor Belastung des Kugeltopfes muß der Meßarm stets mit dem Tragarm durch die mitgelieferte Stütze (Pos.38) gekoppelt sein

Kugel des Kugelhalters mittig auf die drei Kugeln des mit Prüfkugeln und Prüföl bestückten Kugeltopfes aufsetzen. Anschließend Spitze (Pos.34) des Kugeltopfes in die Pfanne (Pos.41) des Drehtellers (Pos.21) setzen.
Durch Runterschwenken des Ausrückhebels (Pos.32) Gewichtsentlastung, solange bis die drei Prüfkugeln im Kugeltopf und die eine Prüfkugel im Kugelhalter der gesamten Belastung ausgesetzt sind.

Die Belastung durch Hochschwenken des Ausdrückhebels muß LANGSAM und VORSICHTIG erfolgen, da sonst Kalotten an den Kugeln entstehen, die größer sind, als sie der Prüflast entsprechen. Dies gilt besonders für die hohen Belastungen von 500 bis 1000 Kg, da bei diesen die Beanspruchung der einzelnen Teile, vor allem der Schneidenlagerung ohnehin sehr hoch ist.

Den Ausrückhebel nach der Belastung in den am Gehäuse montierten Halter (Pos. 47) klemmen.

Achtung:
Eine Prüfung beginnt erst mit dem Einschalten des Motors, also nach dem Aufbringen der Belastung.

2.7.2. Entlastung des Kugeltopfes:

Nach Stillstand des Motors (Spindel) durch Niederdrücken des Ausrückhebels Entlastung des Kugeltopfes bzw. der Kugeln.
Kugeltopf herausnehmen und mittels des Vierkantes in der Montageplatte demontieren.

2.8. Versuchsarten:

Die Laufdauer richtet sich nach dem Zweck des Versuches, d.h. ob es sich um Lang- oder Schweißversuche handelt.

Bei Belastungen, die der Schweißgrenze entsprechen übernimmt eine elektronische Automatik beim Verschweißen das Abschalten des Gerätes.
Versuchsarten und während der Versuche sich abspielende Vorgänge: Siehe Kapitel 3.

3. Versuchsbeschreibung:

3.1. Versuchsarten

3.1.1. Vor jedem Versuch ist zu beachten:

Für jeden Versuch ist ein neuer Kugelsatz einzubauen und Frischöl in den Kugeltopf zu füllen.

Vor dem Einsetzen der 3 Kugeln in den Topf und der einen Kugel in Halter und Spindel müssen die Teile von allen Rückständen befreit werden, vor allem der Kugeltopf mit Klemmring und der Kugelhalter. Anschließend das Gewinde des Kugeltopfes leicht einfetten, da sonst beim Anziehen die Gefahr des Festsetzens bestehen würde.
Achtung:
Falls o.g. Teile nicht gereinigt wurden, könnten verbleibende Abriebteilchen das Ergebnis verfälschen.

Zur Schaffung konstanter Vergleichsverhältnisse ist es notwendig, daß das Öl mit stets gleicher Temperatur geprüft wird, und daß der Kugeltopf selbst nicht zu stark erwärmt ist. Gegebenenfalls sollte man mit 2 Kugeltöpfen arbeiten, die abwechselnd für die Versuche verwendet werden.

Vor Beginn einer Versuchsreihe muß der Vierkugel- Apparat 10 Minuten im Leerlauf betrieben werden, damit die Spindellagerung die erforderliche Betriebstemperatur erreicht.

3.1.2. Übliche Kurzzeitversuche

Im allgemeinen wird man zur Prüfung von Ölen den Kurzversuch mit einer Laufzeit von 1 Minute anwenden.

Die Vorteile dieses Verfahrens liegen darin, daß das Öl in kürzester Zeit geprüft werden kann, daß mit spezifischen Flächenpressungen gearbeitet werden kann, wie sie z.B. an Verzahnungen von hochbelasteten Getrieben auftreten, und daß eine geringe Gesamtwärme auftritt, die schädliche Wirkungen auf Prüfkugeln und Spannelemente verhindert, wie z.B. Herabsetzung der Härte dieser Teile.

Zur Feststellung der Verschleißkurve wird mit dem zu untersuchenden Schmiermittel eine Reihe dieser Kurzversuche durchgeführt, und zwar bei verschiedenen auf den Kugeltopf ausgeübten Belastungen.
Die Belastungssprünge werden bei Ölen geringerer Hochdruckschmierfähigkeit kleiner gewählt, z.B. 140, 160, 180, 200 Kg usw., bei Ölen mit höherer Hochdruckschmierfähigkeit können sie größer sein, z.B. 300, 350, 400, 450 Kg usw.

Durch Kurzversuche können der VERLAUF DER VERSCHLEISSKURVE, die REIBUNGSZAHL, der VERLAUF DER REIBUNGSZAHL, die VERSCHLEISSVERZÖGERUNGSZEIT, sowie der SCHWEiSSPUNKT festgestellt werden. Auf diese Vorgänge wird weiter unten noch näher eingegangen.

3.1.3. Langversuche

Langversuche werden ausgeführt, um einen Anhalt über den langsam vor sich gehenden Verschleiß (Abrieb) zu erhalten, der bei verschiedenen Schmiermitteln unter weniger starken Beanspruchungen auftreten kann.

Bei diesen Versuchen ist eine niedrige Belastung auf den Kugeltopf vorzuziehen, wobei der Versuch mehrere Stunden andauern kann.
Die Belastungen liegen hierbei stets unter 40 Kg.

Ein Wert von 15 Kg über einen Zeitraum von 60 Minuten hat sich als zweckmäßig erwiesen.
Da die Skala auf dem Waagebalken die Einstellung der 15 Kg Belastung mit Hilfe des kleineren Laufgewichtes nicht ermöglicht, muß ein besonderes Gewicht von
1 Kg oder 2 Kg eingesetzt werden, das in die Raste des 10 Kg- Laufgewichtes eingehängt wird.
Die obere Zahlenreihe ist beim 1Kg- Gewicht durch 10 zu teilen, beim 2Kg- Gewicht durch 5, um den Effektivwert an den 4 Stahlkugeln zu haben.

Die Versuchsverhältnisse sind für diese Versuche nicht genormt.

Achtung:
Es können nur Gewichte eingesetzt werden, die den gleichen Masseschwerpunkt besitzen, wie das 10 Kg Laufgewicht. Gewichte zwischen 1 und 10 Kg werden als Zubehör angeboten.

3.1.4. Untersuchung von Werkstoffen:

Der Vierkugel- Apparat eignet sich auch zur Untersuchung von Werkstoffen.
Das Verhalten von Werkstoffen bezüglich Verschleiß, Reibungszahl, Freßneigung kann z.B. bei gleichbleibender Ölart erforscht werden.

Achtung:
Beim Vierkugel- Apparat wirkt sich nur der chemische Aufbau des Öles aus, nicht jedoch die Viskosität, da infolge niedriger Gleitgeschwindigkeiten und der schlechten Anschmiegung der Kugeln keine nennenswerten hydrodynamische Kräfte entstehen können.

Für viele Werkstoffe können keine Kugeln beschafft werden.
In solchem Fall können Stifte mit kugelförmiger Kuppe angefertigt werden, die auf einer Rundplatte in Nachahmung der Lage der 3 festgespannten normal verwendeten Kugeln angeordnet sind.
Die Rundplatte kann nach Ausschlagen der Stifte immer wieder verwendet werden.
Auch die 4. im Kugelhalter/ Spindel befindliche Kugel kann durch einen Stift mit angedrehter Kuppe ersetzt werden und wird anstelle des Kugelhalters in die Spindel eingesetzt.
Der Stift muß deshalb kegelig ausgebildet sein, um in der Spindelbohrung aufgenommen werden zu können.

3.2. Während der Versuche sich abspielende Vorgänge:

3.2.1. Die Verhältnisse bei niedrigen Belastungen:

Bei niedrigen Belastungen ist der Verschleiß an den Kugeln außerordentlich gering. Dies wird auch ersichtlich, wenn man das Reibungsmoment, also den Reibungskoeffizienten mißt bzw. registriert.

Der Reibungskoeffizient wird hierbei gleich bleiben und im allgemeinen einen Wert zwischen 0,05 und 0,1 haben. Irgendwelche Reibungsspitzen treten nicht auf. Lediglich beim Anfahren ist ein kurzzeitiger Anstieg der Reibung festzustellen (siehe Abb. 1).

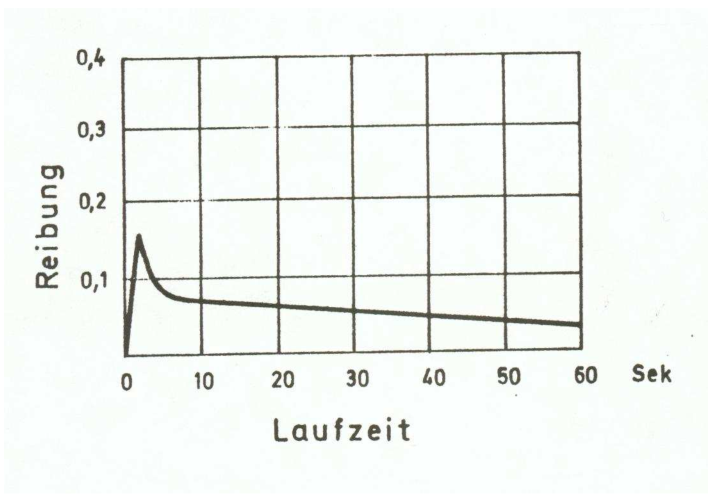


Abb. 1:

Die Verschleißkalotte an den 3 eingespannten Kugeln wird innerhalb einer Laufzeit von 1 Minute gleich oder unwesentlich größer als der infolge der statischen Deformation unter der Einwirkung der Belastung gebildete Kalottendurchmesser sein.
Dieser Kalottendurchmesser läßt sich mit Hilfe der Hertzschen Formel errechnen.

3.2.2. Die Verhältnisse bei hohen Belastungen:

Bei hohen Belastungen kann erheblicher Verschleiß auftreten, d.h. der Verschleißdurchmesser auf den 3 Kugeln kann bedeutend größer sein als der, der statischen Deformation entsprechenden Kalottendurchmesser.
Die Eigenschaften des zu untersuchenden Schmiermittels spielen hierbei eine ausschlaggebende Rolle, d.h. das Verhalten des Öles in diesem Belastungsbereich bildet ein Hauptkriterium für das Öl.
Die spezifische Belastung der Kontaktflächen entspricht dabei durchaus den Werten, wie sie z.B. an Verzahnungen hochbelasteter Getriebe vorliegt.

3.2.2.1. Der Verschleißdurchmesser:

In Abb. 2 ist die Verschleißfläche bei niedrigen Belastungen, bei denen sich lediglich ein Kalottendurchmesser gem. der statischen Deformation einstellt und in Abb. 3 die Verschleißfläche bei hohen Belastungen dargestellt.
Diese ist gekennzeichnet durch verhältnismäßig starke Riefen. Zusätzlich kann man die Verschleißerscheinungen während des Versuches an dem Sinken des Waagebalkens erkennen.

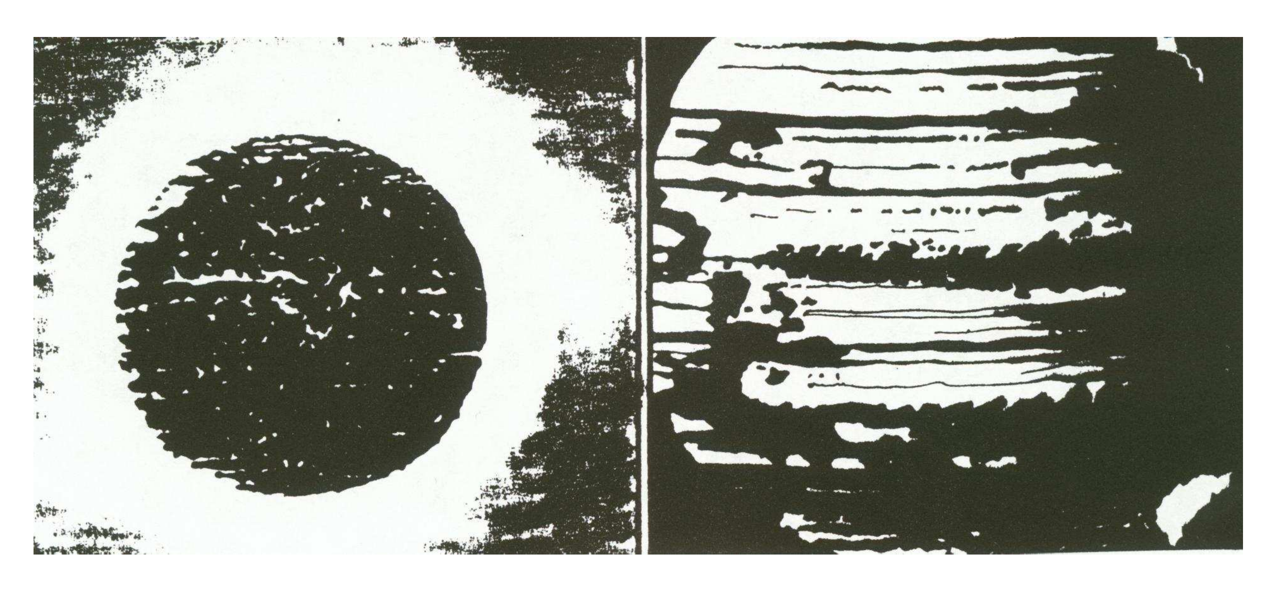


Abb.2 Abb.3

Falls sich während des Versuches ein Gleichgewichtszustand einstellt, also weiterer Verschleiß nicht auftritt, hört das Sinken des Waagebalkens auf. Mittels eines stark übersetzten SCHLEPPHEBELS und einer BOGENSKALA kann man deshalb in grober Annäherung Größe und zeitlichen Verlauf des Verschleißes schon während des Versuches sichtbar machen.

Während des 1- Minuten- Versuches können mehrere Reibungsspitzen, also mehrere Verschleißperioden auftreten. Es stellt sich jedoch in den meisten Fällen während der letzten 30 sec. kein Verschleiß mehr ein, so daß der Verschleißdurchmesser als MAß FÜR DIE STÄRKE DES VERSCHLEISSES zugrunde gelegt werden kann.

Die hierbei von der unten liegenden Kugel abgeriebene Stahlmenge ist annähernd die 4. Potenz des Verschleißdurchmessers.

Die Ausmessungen des Verschleißdurchmessers geschieht mit einer Brinellupe oder einem Meßmikroskop. Die 3 Kugeln werden dabei auf eine mit Aufnahmebohrungen versehene Platte gelegt.

Im Anhang A-2 wird ein Aufsatz mit Meßmikroskop beschrieben, der als Zubehör angeboten wird.
Vorteil dieses Zubehörs ist, daß die Kugeln eingespannt im Kugeltopf verbleiben und ausgemessen werden können.

Um eine möglichst genaue Erfassung des Verschleißes zu ermöglichen, werden die Verschleißdurchmesser aller 3 Kugeln in Gleitrichtung (d1) und senkrecht zur Gleitrichtung (d2) gemessen.
Aus den Durchmessern d1 und d2 kann der mittlere Durchmesser für jede Kugel errechnet und daraus der Mittelwert aller 3 Kugeln genommen werden.
Der Mittelwert wird als MITTLERER VERSCHLEISSDURCHMESSER bezeichnet. Er kann Werte von 0,2 bis 5mm haben.

Der mittlere Verschleißdurchmesser wird anschließend im rechtwinkligen Koordinaten- System in Abhängigkeit von der Belastung aufgetragen.
Bei logarithmischer Auswertung erscheinen die Verschleißkurven als gerade Linien.
Anstieg und Richtungsänderungen der Verschleißkurve geben Aufschluß von der Eigenart des untersuchten Öles.
Zur Beurteilung der Verschleißkurve dürfen nur Kalottendurchmesser oberhalb der statischen Deformation herangezogen werden. Diese Kalottendurchmesser liegen auf der Hertzschen Linie (s. Abb.4).
Als Beispiel sind in diesem Diagramm die Ergebnisse von Versuchen mit 4 Ölen, die völlig verschiedene Verhalten aufweisen, eingezeichnet.

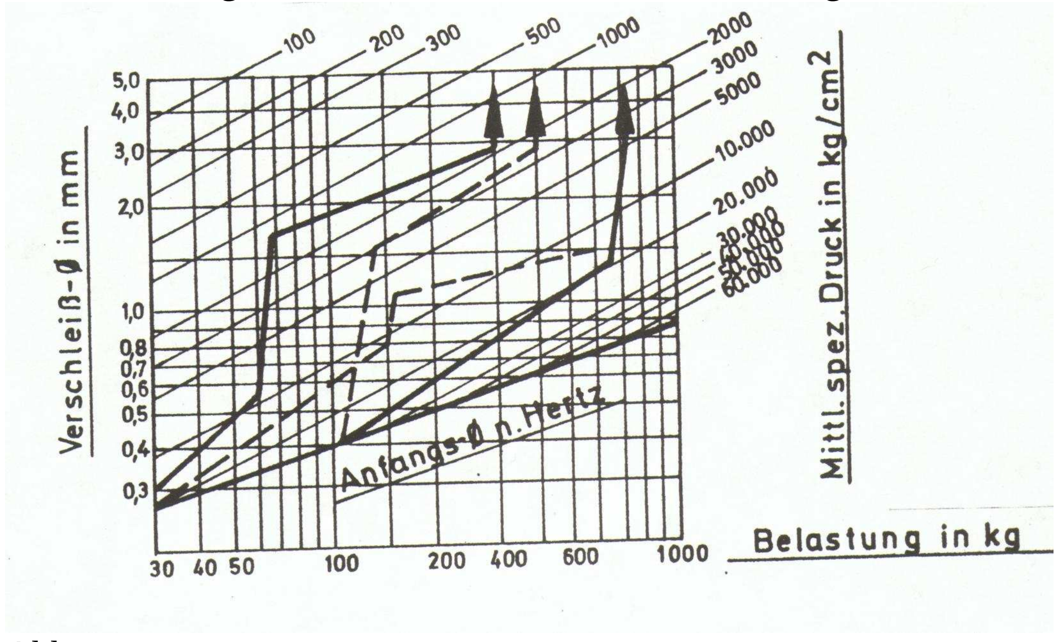


Abb.4

3.2.2.2. Die 2,5- Sec- Verschleißverzögerungszeit:

Bei Messung der Reibungszahl entsteht nicht nur beim Anlauf eine Reibungsspitze, sondern es entstehen auch während des 1- Min- Prüflaufes mehr oder weniger große Reibungsspitzen, die Werte von 0,2 bis 0,5 erreichen können.

Zur Beurteilung eines Öles ist es nun von Wichtigkeit, ob innerhalb des 1- Min- Laufes viele derartige Reibungsspitzen auftreten und nach welcher Zeit sie auftreten.

Ein Beurteilungsmerkmal für den Verschleißschutz des Öles für einen bestimmten Anwendungszweck ist die Zeit, die von Beginn des Anlaufes bis zum Auftreten der ersten Reibungsspitze verstreicht. Diese Zeit nennt sich die VERSCHLEISSVERZÖGERUNGSZEIT.

Hochdrucköle verhalten sich je nach dem Zusatz zur Erzeugung der Hochdruckschmierfähigkeit ganz verschieden. Die Verschleißverzögerungszeit nimmt mit zunehmender Belastung ab, und es lassen sich deshalb aus vielen Einzelversuchen in Abhängigkeit von der Belastung Verschleißverzögerungskurven aufstellen.

Praktisch und theoretisch läßt sich ableiten, daß sich die Verschleißverzögerungszeit eines bestimmten Öles bei einer bestimmten Belastung im allgemeinen (wie sie aus der Verschleißverzögerungskurve abgelesen wird) durchschnittlich auf 2,5 sec beläuft.
Diese Verzögerung nennt sich "2,5- Sec- Verschleißbelastung" und stellt ein verläßliches Maß für den Schutz gegen Verschleiß, der von diesem bestimmten Schmiermittel in der Praxis gewährleistet wird, dar.

Aus Angaben, die mit HYPOIDGETRIEBEN erzielt wurden, geht hervor, daß nur die Schmiermittel in Hypoidgetrieben zufriedenstellend arbeiten, die im Vierkugelgerät eine 2,5- Sec- Verschweißbelastung von mind. 140- 150 Kg aufweisen.

Achtung:
Die Verschleißverzögerungszeit kann nur mit Hilfe eines zusätzlichen Zugkraftaufnehmers ermittelt werden. Die Beschreibung dieses Zubehörs finden Sie im Anhang A-3.

3.2.3. Die Verhältnisse bei sehr hohen Belastungen:

Bei extrem hohen Belastungen wird beim Auftreten des Verschleißes kein Gleichgewichtzustand erreicht, sondern der Verschleiß setzt sich über einen längeren Zeitraum fort, wobei die an den Berührungsflächen erzeugte Reibungswärme im Verein mit dem hohen spezifischen Druck nach mehr oder weniger langer Zeit zu einem vollständigen Verschweißen der 4 Kugeln führt (siehe Abb.5).

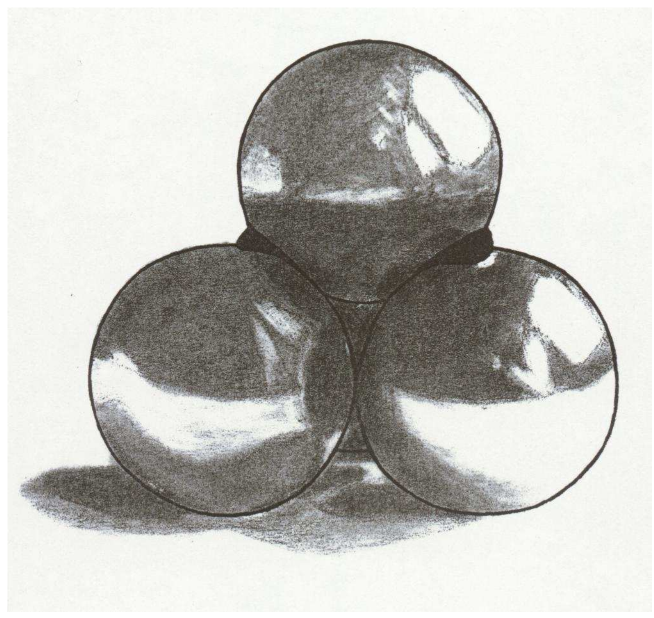


Abb.5

Die Verschweißung wird sich in weitaus den meisten Fällen zu Anfang des 1- Min- Versuches einstellen. Allgemein wird dann die nächst niedrige Belastung als Hochdruckschmierfähigkeit des Öles bezeichnet. Bei dieser Belastung hält demgemäß das Öl gerade noch einen Lauf von 1 Min. aus, ohne daß die Kugeln schweißen.
Es bedeutet also einen Wert von 320/340 Kg, daß das betreffende Öl bei einer Belastung von 320 Kg den 1- Min- Lauf eben noch besteht und bei 340 Kg zur Schweißung führt.
Nicht bei allen Ölen stellt der VKA- Schweißpunkt das Kriterium für die Brauchbarkeit eines Öles in spezifisch hochbelasteten Getrieben dar. Im Bedarfsfall muß auch das Verschleißverhalten des Öles auf dem VKA untersucht werden.

4. Wartung:

4.1. Spindellagerung:

Das Lagerspiel ist null und selbstnachstellend. Die Spindellagerung ist wartungsfrei mit einem HOCHDRUCKSCHMIERFETT abgeschmiert.

4.2. Kugelhalter (Pos.3):

Der eingebaute und mit ca. 400 Kg belastete Kugelhalter soll nicht mehr als 0,75 und nicht weniger als 0,5 mm überstehen. Wird dieses Maß über- oder unterschritten muß ein neuer Kugelhalter benutzt werden.

Verschleiß am Kugelhalter zeigt sich dadurch, daß sich der Halter zu weit in die Spindel einsetzten läßt, wodurch sich ein Aufsitzen des Kugelhalters im Grund der Spindel ergibt
Dies hat zur Folge, daß die Kugel nicht genügend geklemmt wird und im Kugelhalter anteilig gleitet.
Sichtbar wird dies durch tangentiale Schleifspuren an der Oberfläche der ausgedrückten Spindelkugel.

Die Spindel bzw. die Kugel in der Spindel soll möglichst schlagfrei laufen.
Beschädigte oder verschmutzte Kugelhalter führen zu unrundem Lauf der oberen Kugel und damit zu ungenauen Meßwerten.
Deshalb von Zeit zu Zeit Spiel und Rundlauf der Spindel prüfen. Hierfür Meßuhr benutzen und auf Kugel tasten (Rundlauffehler an der Kugel höchstens 0,03mm).

Achtung:
Vor dem Einsetzen der Kugel in den Kugelhalter und dem Einsetzen des bestückten Kugelhalters in die Spindel müssen diese Teile von allen Rückständen befreit werden. Zusätzlich muß auch das Spindelende gesäubert werden.

4.3. Kugeltopf:

Von Zeit zu Zeit sind die Druckplatte und der Klemmring auf Kalotten- bzw. Riefenbildung zu prüfen und zu ersetzen, falls die Teile übermäßig stark angegriffen sind. Bei schadhafter Druckplatte muß diese gewendet bzw. ausgetauscht werden.

Vor der Montage des Kugeltopfes müssen der Kugeltopf, der Klemmring, die Kugeln und die Spannmutter von allen Rückständen befreit werden.

Die Druckplatte und der Klemmring sollten regelmäßig auf Kalotten- bzw. Riefenbildung geprüft und ersetzt werden, falls die Teile übermäßig stark angegriffen sind.

4.4. Spitzen- und Schneidenlagerungen:

Jedes Lager sollte regelmäßig überprüft werden.
Besonders bei Betrieb der Maschine mit hohen Belastungen muß die Schneidenlagerung regelmäßig eingefettet und auf festen Sitz überprüft werden.

5. Transport und Aufstellung:

5.1. Installationsort:

Der Vierkugel- Apparat muß an einem staub- und ruhigen (vibrationsfreien) Ort aufgestellt werden (Prüflabor). Weiterhin ist eine sehr gute Ausleuchtung des Raumes nötig, um die visuellen Prüfungen einwandfrei durchführen zu können.

5.2. Bodenbeschaffenheit:

Ein spezielles Fundament für den Vierkugel- Apparat ist nicht nötig.
Beachten Sie aber die Belastbarkeit des Bodens. Im Zweifelsfall sollten Sie einen Statiker hinzuziehen.

5.3. Platzbedarf:

Vierkugel- Apparate mit einem gelieferten Tisch benötigen ca. 1200 x 700 mm Grundfläche. Ansonsten ist die benötigte Grundfläche abhängig vom benutzten Untertisch.
Jeder Vierkugel- Apparat muß einen ungehinderten Zugang zur Frontseite und ausreichend Raum zum Bestücken des Gewichtbalkens besitzen.

5.4. Mechanische Installation:

Achtung:
Halten Sie stets die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften, sowie die sonstigen allgemein anerkannten sicherheitstechnischen Regeln ein.
Tragen Sie Schutzkleidung (Helm, Handschuhe, Sicherheitsschuhe)!
Vierkugel- Apparat nicht höher als nötig heben.
Der Aufenthalt unter angehobenen Vierkugel- Apparat ist verboten!
Bei Montagen am Vierkugelapparat muß sich der Hauptschalter (Q1) in Stellung AUS "0" befinden.

5.4.1. Installation des Gehäuses (Pos.1):

Das Gehäuse des Vierkugel- Apparates muß auf einer festen Unterlage (z.B. Betonsockel, Untergestell) befestigt werden.
Um einwandfreie Prüfungsergebnisse, sowie ein einwandfreies Spiel des Gewichtbalkens zu erreichen, muß das Gehäuse senkrecht installiert werden (Überprüfung mit der Wasserwaage ist ausreichend).

Vierkugel- Apparate, komplett mit Untertisch:
Positionierung des Gehäuses (Pos.1) zusammen mit Sockel auf Untertisch.
Gehäuse so positionieren, daß Ausrückhebel (Pos.32) auf der linken Tischseite zu montieren ist.
Anschließend Gehäuse und Sockel mit vier Schrauben auf dem Untertisch befestigen.

Vorsicht: Quetschgefahr
Bei Montage nicht mit der Hand unter das Gehäuse oder Sockel des Vierkugel- Apparats greifen.

Anschließend Tischoberfläche (durch Justierung der Schraubfüße) waagerrecht ausrichten, um einwandfreie Prüfungsergebnisse, sowie ein einwandfreies Spiel des Gewichtbalkens zu erhalten.

Vorsicht: Quetschgefahr
Nicht mit der Hand unter den Tisch des Vierkugel- Apparates greifen.

5.4.2. Installation des Trägers für Schreibgeräte (Pos.19):

Mit zwei Sechskantschrauben M10 x 40 (Pos.87) und zwei Scheiben DIN 125, B10 (Pos.73) Träger für Schreibgeräte am Gehäuse (Pos.1) befestigen.

5.4.3. Gewichtsbalken (Pos.24):

5.4.3.1. Installation des Gewichtsbalkens (Pos.24):

Gewichtsbalken mit montiertem Ausgleichsgewicht (Pos.43) durch die seitliche Gehäuseöffnung, unterhalb des montierten Ausrückhebels (Pos.32), führen. Das montierte Ausgleichgewicht des Gewichtsbalkens muß sich auf der Seite des Ausrückhebels befinden. Die Schneidenbolzen (Pos.25) vorsichtig in die Schneidenlager (Pos.26- innerhalb des Gehäuse liegend) setzen.
Die Schneiden des Gewichtsbalkens sehr schonend behandeln. Vermeiden Sie Beschädigungen speziell der Spitzen durch Stöße oder durch Fallenlassen in die Schneidenlager, da sonst die Schneidengeometrie beschädigt wird. Ein beschädigtes Schneidenlager läßt keine einwandfreien Prüfergebnisse zu.

Achtung: Schnittgefahr
Schneiden am Gewichtsbalken sind sehr scharfkantig und können Schnittverletzungen verursachen. Gewichtsbalken deshalb nie ohne Schutzhandschuhe montieren (transportieren).

5.4.3.2. Austarierung des Gewichtsbalkens:

Grundsätzlich erhalten Sie Ihren Vierkugel- Apparat mit austariertem Gewichtsbalken.
Wollen Sie trotzdem den Gewichtsbalken Ihres Vierkugel- Apparates neu austarieren (aufgrund der Benutzung unterschiedlicher Töpfe) oder nur überprüfen, dann beachten Sie bitte:
Der Gewichtsbalken muß mit Stoßstange, Stößel, Drehteller, Kugeltopf einschl. Kugeln, sowie der vorgeschriebenen Ölmenge, jedoch ohne das Laufgewicht im Gleichgewicht sein. Die Austarierung geschieht durch Verschieben des Ausgleichsgewichtes.

Vorsicht: Verletzungsgefahr
Gewindestift (Pos.79) ausschließlich zum Verschieben des Ausgleichgewichtes (Pos.43) auf dem Gewichtsbalken (Pos.24) lösen.
Tragen Sie Sorge dafür, daß das Ausgleichsgewicht immer fest montiert ist.

Bei einer Belastung ab 300 Kg muß der Gewichtsbalken bei eingesetzten Kugeln in einem Winkel von ca. 2- 3° nach oben geneigt sein.
Zur Einstellung dieses Winkels ist die Pfanne aus dem Stößel mittels des Durchschlages zu entfernen und zwischen Pfanne und Stößel entsprechende Beilegscheiben einzulegen.

5.4.4. Installation der Stoßstange (Pos.22), des Stößels (Pos.20), des Lagers (Pos.64) und des Drehtellers (Pos.21):

Nach der Installation des Gewichtsbalkens, Stoßstange (Pos.22) durch die Bohrung im Boden des Spindelarbeitsraumes auf den Gewichtsbalken legen (Stoßstange zentriert sich selbst!).
Stößel (Pos.20) über die Stoßstange in die Bohrung einführen, so daß die Stoßstange mittig in die Stößelbohrung auf montierte Pfanne (Pos.23) drückt.
Axial- Rillenkugellager (Pos.64) auf montierten Stößel legen.
Drehteller (Pos.21) mit eingepreßter Pfanne (Pos.41) drehbar auf Axial-Rillenkugellager lagern.

5.4.5. Installation des Laufgewichtes (Pos.30):

10 Kg Laufgewicht (Pos.30) so auf den Gewichtsbalken (Pos.24) schieben, daß der Indexhebel (31) vom Gehäuse weg zeigt. Spitze des Indexhebels (Pos.46) in die gewünschte Position bringen (siehe VKA- Belastungstabelle).
Durch leichtes Hin- und Herbewegen des Laufgewichtes (Pos.30) auf dem Gewichtsbalken (Pos.24) erreichen Sie ein Zentrieren der Indexhebelspitze (Pos.46) und damit die exakte Gewichtsposition.

5.4.6. Montage der Zusatzgewichte (Pos.36 + Pos.37):

Die zusätzliche Montage der beiden mitgelieferten Zusatzgewichte (Pos.36 + Pos.37) ermöglichen die Vergrößerung des Belastungsbereiches.
Montage der Zusatzgewichte (Pos.36 + Pos.37) durch Aufschieben auf das Laufgewicht (Pos.30) und anschließender Befestigung bzw. Positionierung durch Fixierschraube (Pos.15).

5.4.7. Montage des Untergestells für Steuer- und Überwachungsgerät (Gruppe 7):

Untergestell (Gruppe 7) des Steuer- und Überwachungsgerätes (Gruppe 8), soweit noch nicht montiert, mit vier Schrauben auf dem Untertisch (Gruppe 3) befestigen.

5.4.8. Montage des Steuer- und Überwachungsgerätes (Gruppe 7):

Gehäuse des Steuer- und Überwachungsgerätes (Gruppe 7) mit Schrauben auf dem Untergestell (Gruppe7) befestigen.

5.5. Elektrische Installation:

Achtung:
Alle Anschlüsse müssen von einem Elektrofachmann ausgeführt werden.

Die Anschlußwerte entnehmen Sie bitte dem Stromlaufplan.

A-1: Belastungsreihe für 10 Kg Laufgewicht und 20 bzw. 50 Kg Zusatzgewicht:

1. 10 Kg- Bereich = Laufgewicht
2. 20 Kg- Bereich = Laufgewicht plus kleines Zusatzgewicht
3. 50 Kg- Bereich = Laufgewicht plus großes Zusatzgewicht

Bei Anwendung dieser 3 Gewichtsgrößen entstehen folgende Belastungsreihen (Kugelbelastung in Kg):

Übersetzung:	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15
10 Kg-Gew.:	80	90	100	110	120	130	140	150
20 Kg-Gew.:	160	180	200	220	240	260	280	300
50 Kg-Gew.:	400	450	500	550	600	650	700	750

Übersetzung:	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20	1:21	1:22	1:23	1:24
10 Kg-Gew.:	160	170	180	190	200	210	220	230	240
20 Kg-Gew.:	320	340	360	380	400	420	440	460	480
50 Kg-Gew.:	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200

Hinweis::
Für Kontrollzwecke sei noch angeführt, daß das Laufgewicht einschl. Indexhebel genau 10 Kg wiegt, das kleine ringförmige Zusatzgewicht mit Schraube ebenfalls 10 Kg und das große Zusatzgewicht mit Schraube und Griffen 40 Kg.

A-2: Meßmikroskop

Das Meßmikroskop dient zur Ausmessung der Kalotten, ohne die Kugeln aus dem VKA- Kugeltopf zu nehmen.

Hierfür wurde eine spezielle Aufnahme entwickelt, mit der es möglich ist das Meßmikroskop auf den STANDARD- und den TEMPERIERBAREN Kugeltopf zu stecken.

Es ist nur das Austauschen der jeweils mitgelieferten Spannmutter erforderlich.

Bedienungsanleitung:

Nach dem Auswechseln der jeweiligen Spannmutter und Beendigung eines Prüflaufes, wird die Mikroskopaufnahme auf die Spannmutter gesteckt und zusammen mit dem jeweiligen Kugeltopf in den Fuß gesetzt.

Nun wird der obere Ring in eine Rastung gedreht und der untere Ring soweit gedreht, bis die erste Kalotte im Mikroskop erscheint.

Gemäß der Bedienungsanleitung für das Mikroskop wird die Optik scharf eingestellt.

Durch Festdrehen der seitlich am unteren Ring befindlichen Rändelschraube, wird diese Position fixiert.

Durch jeweiliges Drehen des oberen Ringes um 120^0 bis zum Einrasten können nacheinander alle drei Kalotten gemessen werden.

Achtung:
Das Vermessen der Kalotten ist nur bei eingespannten Kugeln möglich, da beim Lösen der Spannmutter die Kugeln verrutschen.

A-3: Beschreibung des Zugkraftaufnehmers

Der Zugkraftaufnehmer ermöglicht die Messung von Drehmomenten während der Verschleißprüfung, sowie die Messung der Verschleißverzögerung.

Die technischen Daten sind beiliegenden Bedienungsanleitungen zu entnehmen.